

PENGEMBANGAN METODE SEGMENTASI UNTUK MENDETEKSI MANGROVE DENGAN MENGGUNAKAN DATA AVNIR-2 STUDI KASUS: PULAU LANCANG

Muchlisin Arief^{*)} dan Teguh Prayogo

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - LAPAN
Jl. Lapan No.70, Pekayon - Pasar Rebo, Jakarta 13710

^{*)} E-mail: muchlisin.arief@yahoo.co

ABSTRAK

Proses segmentasi citra adalah sebuah proses dalam pengolahan citra untuk memisahkan obyek dari latar belakang (*background*), sehingga obyek tersebut dapat diproses untuk keperluan lainnya atau dianalisis untuk proses lebih lanjut. Banyak metode yang dapat digunakan untuk proses segmentasi, seperti menggunakan *threshold*, *gradient* ataupun *laplacian*. Secara umum proses segmentasi dapat dilakukan berdasarkan: a). klasifikasi, b). deteksi tepi, atau c). daerah/*region*. Pada paper ini dijelaskan algoritma segmentasi yang dibangun untuk mendeteksi hutan mangrove didasarkan pada 4 citra hasil pengurangan antar-kanal, yaitu: a) citra hasil pengurangan antara kanal 1 dengan kanal 3, b) citra hasil pengurangan antara kanal 2 dengan kanal 4, c) citra hasil pengurangan antara kanal 1 dengan kanal 2 dan citra hasil pengurangan antara kanal 3 dengan kanal 4. Kemudian dilakukan proses segmentasi yang didasarkan pada ambang batas (*threshold*). Hasilnya dibandingkan dengan data lapangan yang diperoleh dari Bappedalda. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa metode yang telah dibangun mempunyai akurasi 95,5%.

Kata Kunci: AVNIR-2, Mangrove, Region, Segmentasi Citra.

1. PENDAHULUAN

Pada pengolahan citra *digital*, hampir selalu memerlukan satu proses yang disebut *pre-processing* yang mana hasil dari proses tersebut digunakan untuk pengolahan lebih lanjut. Salah satu proses dalam *pre-processing* adalah proses segmentasi. Proses segmentasi dapat didefinisikan sebagai proses untuk memisahkan suatu obyek dengan obyek lainnya atau antara obyek dengan latar belakangnya yang terdapat dalam citra (Arief, 1981). Dengan proses segmentasi tersebut, masing-masing obyek pada citra dapat dianggap sebagai obyek tunggal, sehingga dapat dijadikan sebagai input pada proses selanjutnya. Proses segmentasi diperlukan untuk melakukan pemisahan masing-masing obyek terhadap latar belakang, sehingga pada saat pengenalan, bagian latar belakang tidak dapat diproses. Mengingat pentingnya tahapan-tahapan proses tersebut, maka dibutuhkan metode pengolahan yang dapat melakukan pemisahan obyek secara akurat. Ketidakakuratan proses akan menyebabkan ketidakakuratan proses selanjutnya.

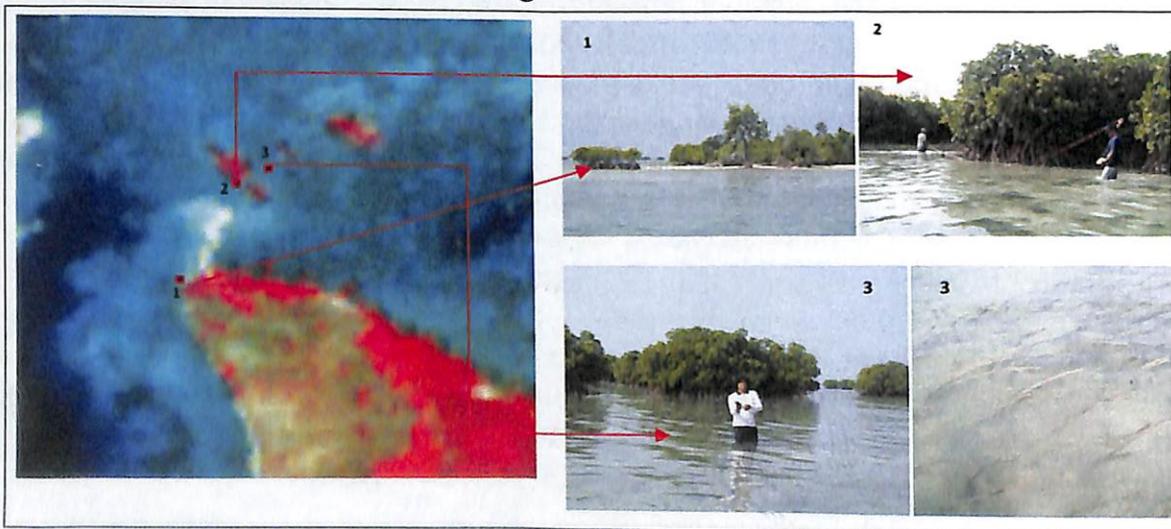
Secara umum proses segmentasi dapat dilakukan berdasarkan: a). klasifikasi, b). deteksi tepi, atau c). daerah/*region*. Segmentasi citra yang didasarkan pada wilayah, yaitu teknik pengelompokan atau dapat dikatakan sebagai teknik pembagian citra ke dalam beberapa wilayah (*region*) yang mempunyai kesamaan fitur antara lain: tingkat keabuan, tekstur, dan warna (*color*). Cara pemrosesannya dapat dilakukan dengan membagi histogram dari citra, mencari kesamaan piksel yang saling bertetangga atau sebagainya.

Mangrove berfungsi melindungi pantai dari erosi dan gelombang laut dengan sistem perakarannya yang meredam energi gelombang. Tegakan mangrove meminimalkan dan mengurangi kecepatan arus pasang surut sehingga mempercepat laju sedimentasi, dan memainkan peran penting secara ekologi di sepanjang pantai. Peran penting secara ekologis dari keberadaan mangrove antara lain: (1) mencegah erosi tanah, (2) menyediakan habitat alam untuk sejumlah besar ikan dan krustasea, (3) menyediakan tempat persinggahan dan perkembangbiakan burung dan satwa liar darat dan laut lainnya, dan (4) memberikan produktivitas primer yang tinggi dari luruhan daun melalui proses dekomposisi. Aktivitas manusia berperan besar terhadap penurunan distribusi dan

kerapatan mangrove di kawasan pesisir. Ancaman penurunan distribusi dan kerapatan mangrove berasal dari polusi akibat tumpahan minyak, pembuangan limbah padat dan cair, pembangunan di kawasan pesisir, pengalihan limpasan air tawar, kegiatan rekreasi, penebangan mangrove untuk kayu bakar.

Dengan diperkenalkannya teknologi penginderaan jauh, maka mendeteksi dan memonitor obyek di permukaan bumi dapat dilakukan secara bersamaan sebagai sumber data/informasi awal bagi perencana dan para pengambil keputusan agar secara benar menata, menjaga serta memperbaiki lingkungannya, terutama sekali kualitas lingkungan urbannya. Penginderaan jauh meliputi seluruh teknik yang berkaitan dengan analisis dan pemanfaatan data dari satelit lingkungan dan sumber daya alam, serta dari foto udara. Penginderaan jauh merupakan ilmu yang menurunkan informasi tentang obyek dari pengukuran yang dilakukan pada suatu jarak tertentu dari obyek (Lillesand dan Kiefer, 1994; Mather, 1999; Jensen, 2000). Satelit Jepang *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS) yang diluncurkan pada tahun 2006, mempunyai tiga buah sensor salah satunya adalah sensor AVNIR-2. Sensor tersebut mempunyai 4 kanal spektral dari *visible* (sinar tampak) sampai dengan inframerah-dekat dengan resolusi spasial 10 meter.

Melalui data penginderaan jauh, secara visual/dijital keberadaan mangrove dapat diidentifikasi dengan berbagai pendekatan antara lain: melalui indeks vegetasi atau nilai spektralnya (Yunhao *et al.*, 2006). Nilai spektral atau *digital number* dari kanal inframerah-dekat (*near-infrared*) atau indeks vegetasi (perbandingan antara kanal inframerah-dekat dengan kanal *visible*) memberikan informasi tentang persentase penutupan lahan, indeks luas daun (*Leaf Area Index*), biomasa tanaman, dan estimasi penyerapan karbon dioksida (CO₂) (Horning, 2004; Ji dan Peter, 2007) dengan mengamati nilai *digital number*, nilai reflektansinya, membuat citra RGB, atau meng-*overlay*-kan antar-kanal (Arief, 2010), sebagaimana terlihat Gambar 1. pada RGB (431) mangrove terlihat berwarna merah menyala agak kecoklatan. Persoalan yang timbul adalah bagaimana mengekstraksi informasi mangrove tersebut secara otomatis.



Gambar 1. Citra RGB 431 AVNIR dan keberadaan mangrove di Pulau Lancang Kecil

Pada paper ini diterangkan metode ekstraksi mangrove secara otomatis didasarkan pada metode segmentasi antar-kanal dengan menggunakan citra ALOS AVNIR-2 tanggal 3 Agustus 2009 dengan studi kasus di Pulau Lancang (Besar dan Kecil) Kabupaten Kepulauan Seribu.

2. STUDI PUSTAKA

2.1. Penginderaan Jauh Satelit ALOS

Sejak tahun 1970-an teknologi penginderaan jauh satelit telah digunakan untuk memantau permukaan bumi. Data satelit yang diterima mempunyai beberapa sifat/karakteristik tertentu antara lain: 1) *Resolusi spektral* dari suatu sensor adalah banyaknya kanal yang dapat diserap oleh sensor. Semakin banyak kanal yang dapat diserap maka resolusi spektralnya semakin tinggi. Resolusi spektral ini berkaitan langsung dengan kemampuan sensor untuk dapat mengidentifikasi obyek; 2) *Resolusi spasial* suatu sensor adalah ukuran kemampuan sensor tersebut untuk dapat membedakan dua obyek yang jaraknya berdekatan atau jarak minimum antar dua obyek yang masih dapat dibedakan. Dengan kata lain obyek-obyek yang berjarak lebih kecil dari resolusi spasial akan tampak sebagai obyek tunggal pada citra; 3) *Resolusi temporal* suatu sensor adalah kemampuan sensor untuk mendeteksi daerah yang sama pada perolehan data berikutnya. Resolusi temporal berkaitan langsung dengan waktu pengulangan satelit melewati suatu.

Satelit *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS) adalah satelit Jepang yang diluncurkan pada 24 Januari 2006 dari *Tanegashima Space Center* Jepang. Satelit tersebut dilengkapi dengan tiga sensor penginderaan jauh yaitu: sensor *Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping* (PRISM), *Phased Array Type L-Band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR) dan *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type -2* (AVNIR-2). Satelit ALOS beredar mengitari bumi pada ketinggian 691,5 kilometer dan mengamati daerah yang sama dalam selang waktu 46 hari. Karakteristik kanal dari citra AVNIR-2 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik sensor AVNIR-2 satelit ALOS

KANAL	PANJANG GELOMBANG (μm)	RESOLUSI SPASIAL (m)	KEGUNAAN
1	0,42-0,50 (blue)	10	Tanggap peningkatan penetrasi tubuh air. Mendukung analisis sifat khas lahan, tanah, vegetasi.
2	0,52-0,60 (green)	10	Mengindra puncak pantulan vegetasi. Menekankan perbedaan vegetasi dan nilai kesuburan.
3	0,61-0,69 (red)	10	Untuk memisahkan vegetasi melalui daya serapan klorofil dan memperkuat kontras vegetasi dan bukan vegetasi.
4	0,76-0,89 (near-IR)	10	Tanggap biomasa vegetasi dan untuk mengidentifikasi tipe vegetasi Memperkuat kontras tanah-tanaman dan lahan-air

2.2. Identifikasi Obyek

Mendeteksi suatu obyek di permukaan bumi menggunakan teknologi penginderaan jauh dapat dilakukan secara visual dan atau digital. Identifikasi secara visual didasarkan pada pengenalan obyek oleh mata dan pengetahuan interpreter terhadap warna, pola, bentuk, asosiasi, tekstur obyek tersebut. Identifikasi secara visual dilakukan dengan terlebih dahulu mengenal pola hubungan tiap obyek atau piksel pada daerah studi dan mengelompokkan satu atau lebih piksel ke dalam satu label/jenis obyek sebagai suatu informasi radiometri. Selanjutnya dikonversikan ke dalam informasi tematik, misalnya: kawasan bangunan, jenis tumbuhan, dan air. Pengenalan obyek di permukaan bumi secara efektif dapat dilakukan dengan mengenali karakteristik pantulan spektral obyek dari beberapa kanal (multispektral).

2.3. Segmentasi citra

Secara umum proses segmentasi wilayah dapat dipisahkan menjadi 3 tahapan yaitu: (Geoffrey *et al*, 1988)

- *Pixel Classification*/pengkelasan piksel. Pada tahapan ini, piksel dikelaskan ke dalam beberapa kelas tertentu.
- *Correction*: Pada tahapan ini, dilakukan membuang/mengeliminsi beberapa piksel, yang diakibatkan oleh kesalahan pengkelasan (*misclassification*).
- *Tissue labeling*: Pada tahapan ini dilakukan penamaan yang setiap kelas.

Pada pendekatan segmentasi wilayah dalam penelitian ini didasarkan pada karakteristik dari masing-masing obyek untuk setiap kanalnya, atau boleh dikatakan didasarkan pada nilai intensitas/*grey level/digital number* dari masing-masing kanalnya. Salah satu cara untuk mendefinisikan segmentasi citra adalah sebagai berikut (Murinto dan Harjoko, 2009). Misalkan sekumpulan wilayah $\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ merupakan suatu segmentasi citra R ke dalam n wilayah jika:

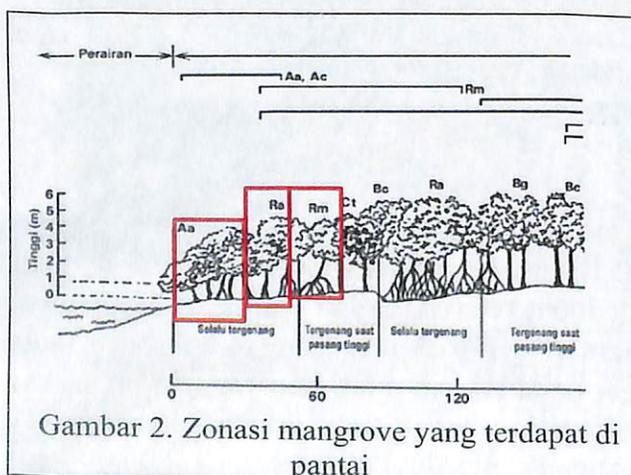
$$\begin{aligned}
 &1. R_i \cap R_k = \emptyset, i \neq k \\
 &2. R_i \cap R_k = R_k, i \neq k \\
 &3. \bigcup_{i=1}^n R_i = R \text{ dan } R_i \cap R_k = \emptyset, i \neq k
 \end{aligned}
 \dots\dots\dots 1$$

Di samping itu, terdapat juga suatu predikat P yang menentukan kriteria homogenitas suatu wilayah, yaitu:

$$\begin{aligned}
 &(a) P(R_i) = TRUE, i = 1, 2, \dots, n \\
 &(b) P(R_i \cup R_k) = FALSE, i \neq k \text{ dan } R_i \text{ adjacent } R_k
 \end{aligned}
 \dots\dots\dots 2$$

2.3. Hutan Bakau/Mangrove

Bakau/mangrove adalah jenis pohon yang tumbuh di daerah perairan dangkal dan daerah *intertidal*, yaitu daerah perbatasan antara darat dan laut dimana pengaruh pasang surut masih terjadi. Hutan mangrove tumbuh di daerah tropis dan subtropis dan berfungsi sebagai pelindung pantai dari terjangan gelombang secara langsung. Oleh karena itu daerah hutan bakau dicirikan oleh adanya lapisan lumpur dan sedimen halus (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Zonasi mangrove yang terdapat di pantai



Gambar 3. Tanaman mangrove yang terdapat di pantai Pulau Lancang Kecil

Akar tanaman bakau berfungsi menstabilkan lumpur dan pasir. Di kawasan yang hutan bakaunya telah dihancurkan untuk keperluan pembangunan, laju erosinya akan sangat tinggi. Hutan bakau juga menjadi tempat hidup bagi habitat liar dan memberikan

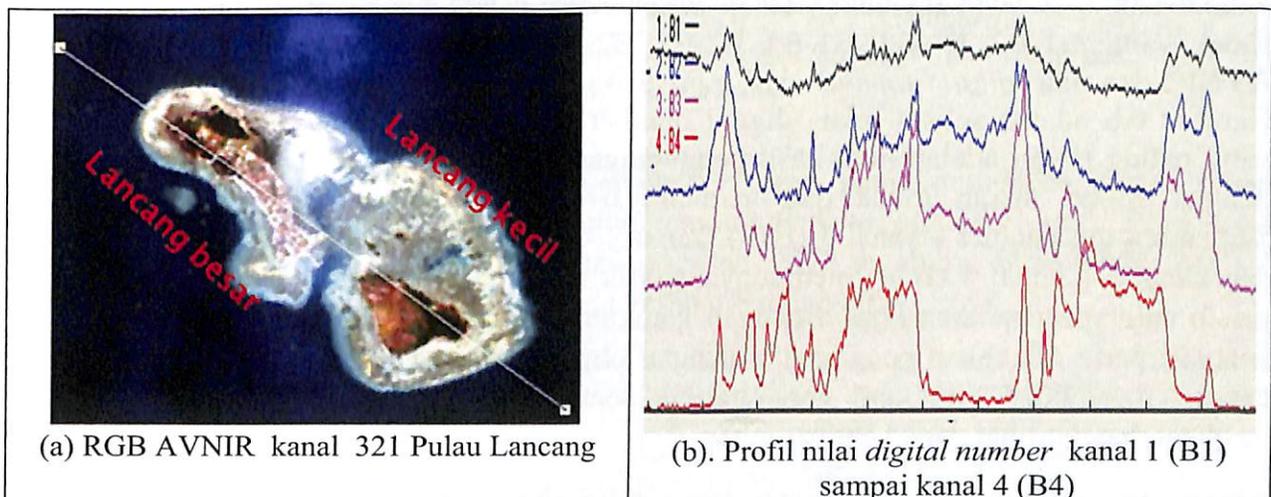
perlindungan alami terhadap angin yang kuat, gelombang yang dibangkitkan oleh angin (siklon atau badai), dan juga gelombang tsunami (lihat Gambar 3).

3. METODE PENGOLAHAN

Panjang gelombang citra satelit AVNIR-2 setiap kanalnya, mempunyai kisaran yang berbeda dengan Satelit Landsat, sehingga nilai spektral setiap obyek juga agak berbeda dengan citra Landsat dimana *digital number* dari tiap kanalnya tidak saling berpotongan (lihat Gambar 4), akibatnya apabila dilakukan proses segmentasi yang hanya didasarkan pada *digital number/grey level* pada setiap kanalnya akan menghasilkan wilayah/*region* yang membingungkan antara yang *region* satu dengan yang lainnya.

Didasarkan pada kesulitan di atas, maka metode segmentasi untuk mengidentifikasi mangrove dibagi dalam 3 tahapan yaitu:

1. Tahap pertama adalah pengolahan awal (*preprocessing*) yaitu melakukan koreksi geometrik dan radiometrik
2. Tahap kedua mencari daerah yang mempunyai karakteristik yang sama yang biasanya disebut *region/wilayah* homogen. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengurangi untuk setiap pasangan kanal.
3. Ketiga adalah menentukan pembagian kerapatan mangrove dengan menggunakan metode *thresholding*.



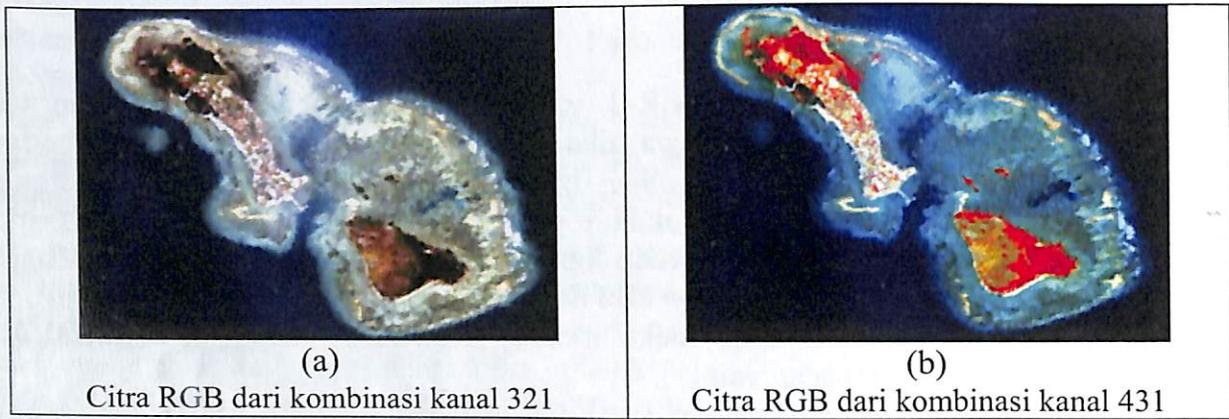
Gambar 4. Citra AVNIR Pulau Lancang dan nilai *digital number* dari transek Gambar 4.a

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder dan data primer. Data primer yang digunakan adalah AVNIR-2 yang direkam pada tanggal 3 Agustus 2009, sedangkan data sekundernya antara lain data hasil survei lapangan. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat lunak yang digunakan ER-Mapper, ENVI, dan ArcView versi 3.3.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra ALOS yang digunakan dalam penelitian ini adalah AVNIR-2 hasil akuisisi tanggal 3 Agustus 2009 sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar 5.a menunjukkan bahwa vegetasi mangrove berwarna gelap/pekat, tambah gelap maka hutan mangrove bertambah rapat. Pada Gambar 5.b menunjukkan bahwa hutan mangrove berwarna merah terang

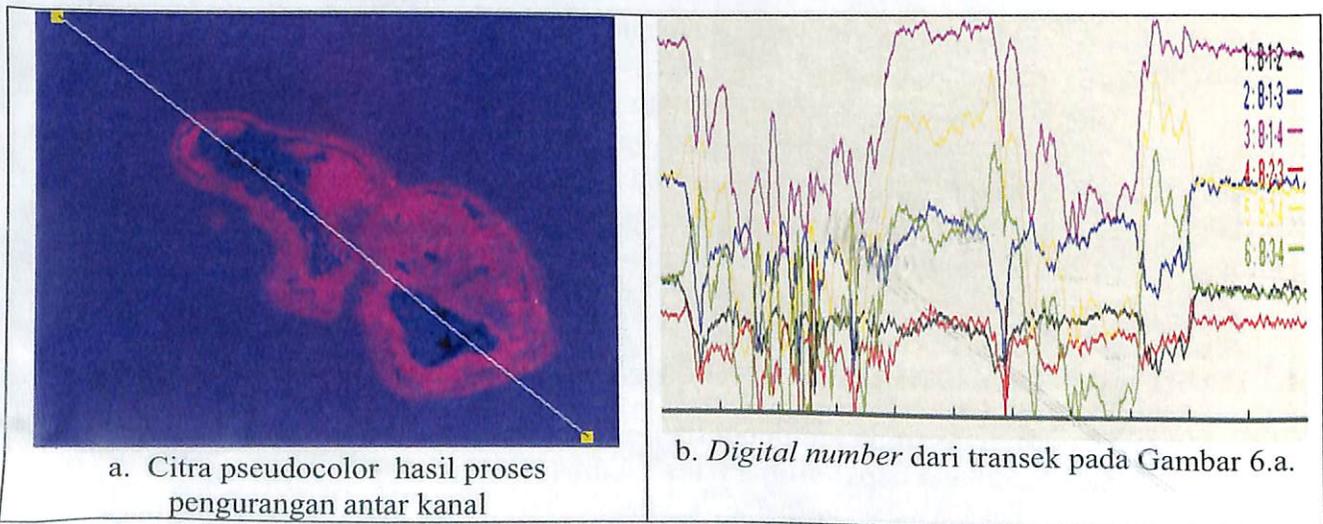
(merah menyala), tambah terang warnanya maka menunjukkan hutan mangrove bertambah lebat sebaliknya hutan mangrove jarang.



Gambar 5. Citra satelit ALOS Pulau Lancang tanggal 3 Agustus 2009

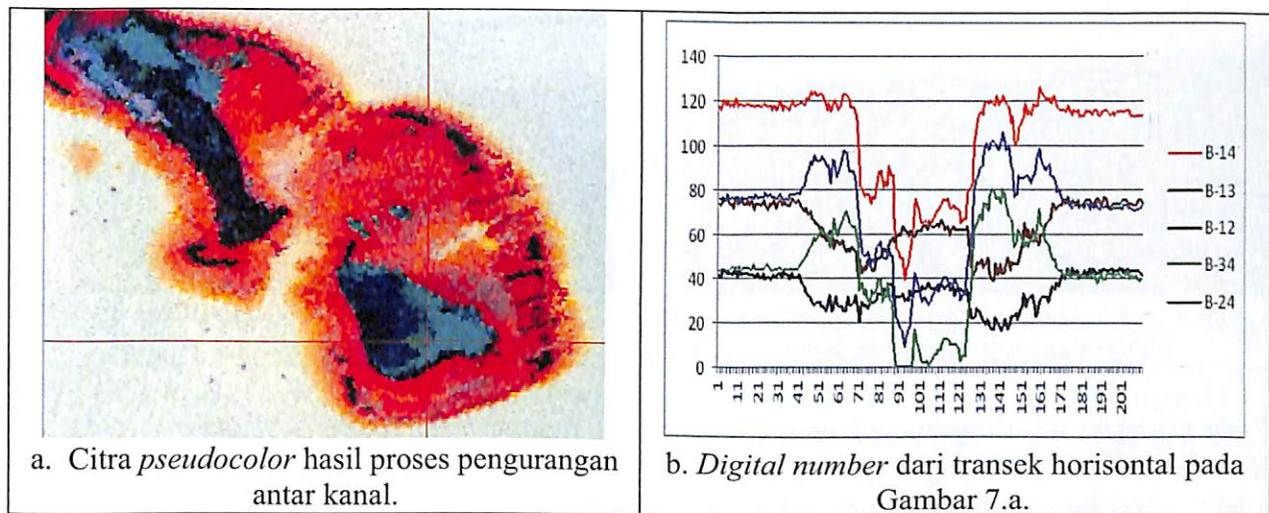
Secara umum mangrove dapat diidentifikasi secara visual dengan cara membuat citra RGB atau meng-*overlay*-kan antar kanal (lihat Gambar 5.) pada RGB (321) mangrove terlihat berwarna gelap kecoklatan, sedangkan pada RGB (431) mangrove terlihat merah terang.

Untuk dapat mengekstraksi mangrove secara otomatis, maka perlu dilakukan beberapa tahapan proses. Pertama adalah proses awal yaitu dilakukan koreksi geometrik maupun radiometrik. Setelah dilakukan tahap *preprocessing* lalu dilakukan pengurangan antar kanal yaitu: B1-B2, B1-B3, B1-B4, B2-B3, B2-B4 dan B3-B4. Hasil pengurangan citra AVNIR dan nilai *digital number* dari transeknya dapat dilihat pada Gambar 6.a dan 6.b. Gambar 6.b adalah selisih nilai *digital number* hasil pengurangan antar kanal, dimana yang paling tinggi adalah nilai hasil pengurangan antara B1-B4 (B14) yang ditunjukkan dengan warna merah muda dan mempunyai grafik yang terpisah dengan lainnya. Sementara itu, kanal 1 - kanal 3 (B13), kanal 2 - kanal 3 (B23), kanal 2 - kanal 4 (B24), dan kanal 3 - kanal 4 (B34) mempunyai grafik saling berpotongan. Walaupun demikian masih sulit mendapatkan *region* dengan karakteristik yang sama. Untuk mempermudah analisis, perlu dilakukan pengamatan dengan obyek yang relative sedikit/ sederhana yaitu dengan mengamati nilai dari garis transek secara horisontal (lihat Gambar 6.a) dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6.b.



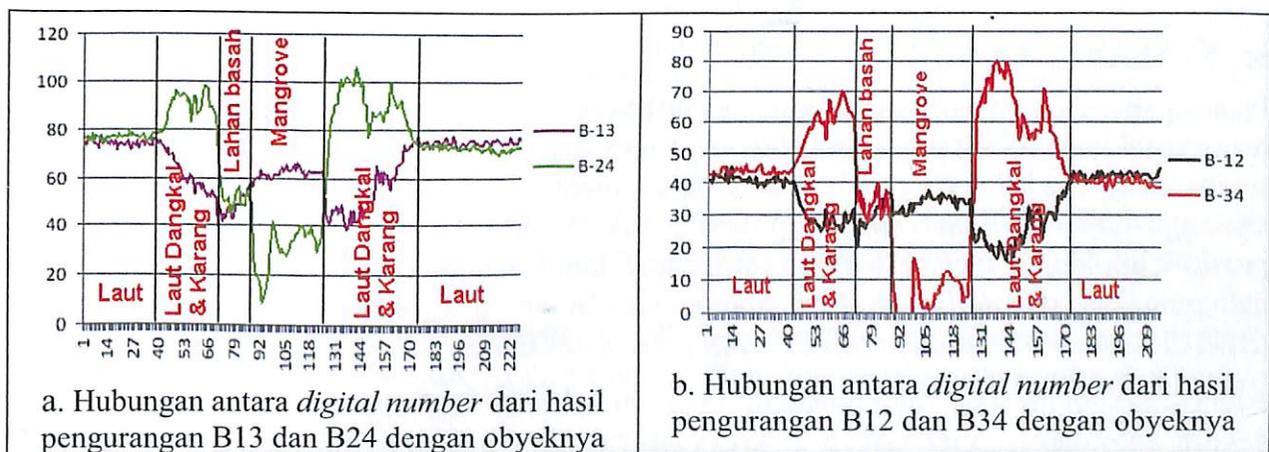
Gambar 6. Citra pseudocolor hasil pengurangan kanal dan nilai transek dari hasil pengurangan antar kanal

Gambar 7.b memperlihatkan hasil pengurangan kanal 1- kanal 3 (B13) hampir berimpit dengan hasil pengurangan kanal 2 - kanal 4 (B24) dan hasil pengurangan kanal 1 - kanal 2 (B12) hampir berimpit dengan hasil pengurangan kanal 3 - kanal 4 (B34). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa daerah homogen, seperti laut yang mempunyai kedalaman lebih dari 5 meter dapat dikatakan sebagai *region* homogen dengan karakteristik nilai $B13 \approx B24$ dan nilai $B12 \approx B34$ (lihat Gambar 7.b). Untuk mendefinisikan obyek lainnya (seperti lahan basah, terumbu karang) perlu dilakukan pemisahan grafik tersebut serta dikorelasikan dengan obyeknya sebagaimana terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Citra pseudocolor hasil pengurangan kanal dan nilai transek dari hasil pengurangan antar kanal

Gambar 7.a dan 7.b adalah hasil pengamatan dengan mengkorelasikan antara obyek dengan nilai hasil pengurangan digital number antar kanal dari citra AVNIR-2. Seandainya grafik dari gambar 7.b, divisualkan secara terpisah (B13 digabung dengan b24 dan B12 digabung dengan B34), maka terlihat pada gambar 8.a dan 8.b.

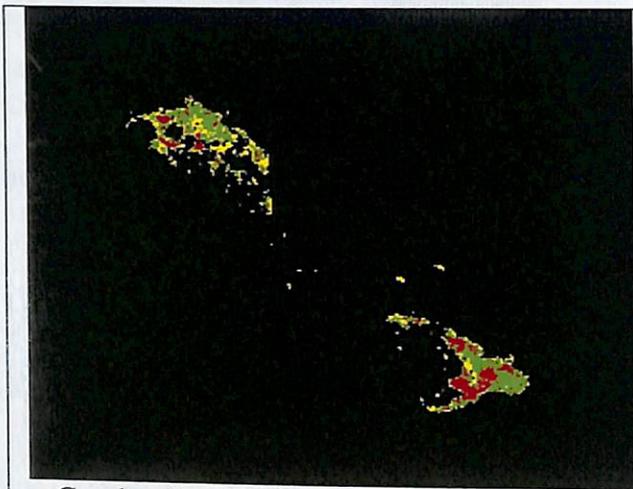


Gambar 8. Korelasi antara selisih digital number dari transek gambar 7.b dengan obyek

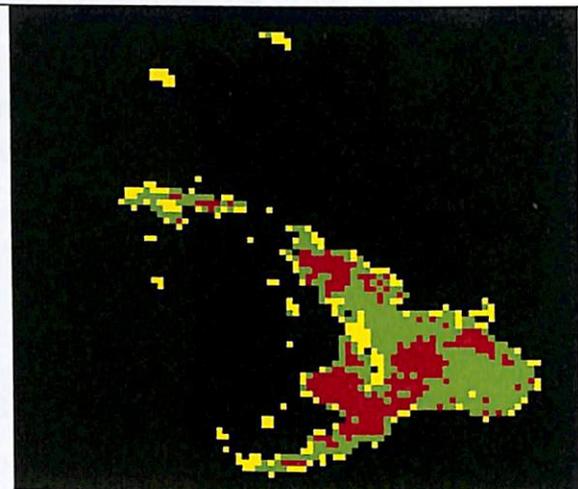
Berdasarkan Gambar 8.a dan 8.b maka sudah jelas algoritma untuk menentukan mangrove dengan menggunakan data satelit AVNIR-2 adalah sebagai berikut :

$$F = \begin{cases} \text{Mangrove} & B13-B24 > 10 \text{ AND } B12-B34 > 10 \\ \text{other wise} & \dots\dots\dots 3 \end{cases}$$

Apabila persamaan diatas diaplikasikan pada citra B13, B24, B12, dan B34 kemudian hasil pengurangannya dibagi menjadi 3 region dengan skala yang sama dan hasil pemrosesannya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8.a. Hasil identifikasi mangrove di Pulau Lancang Besar dan Kecil



Gambar 8.b. Hasil identifikasi mangrove di Pulau Lancang Kecil

Pada Gambar 8.b ditunjukkan bahwa luas hutan mangrove rapat 5,83 ha (warna merah), luas hutan mangrove agak jarang adalah 7,780 ha (warna hijau) dan mangrove jarang adalah 3,63 ha (warna kuning). Luas total hutan mangrove di Pulau Lancang pada tahun 2011 adalah 17,24 ha. Kalau hasil tersebut dibandingkan dengan data hutan mangrove yang diperoleh dari Bappedalda DKI Jakarta pada tahun 2000, luas hutan mangrove di Pulau Lancang adalah 16,50 ha. Dengan melihat perbedaan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa algoritma yang dibangun untuk mendeteksi mangrove di Pulau Lancang mempunyai perbedaan luas atau kesalahan sebesar 4,5%. Atau boleh dikatakan bahwa algoritma yang dibangun untuk mendeteksi hutan mangrove mempunyai akurasi sebesar 95,5%.

5. KESIMPULAN

Pada paper ini telah dijelaskan identifikasi mangrove secara otomatis dengan menggunakan data satelit AVNIR-2, yang didasarkan pada metode segmentasi. Metode segmentasi citra adalah sebuah proses untuk memisahkan obyek dari latar belakangnya sehingga obyek tersebut dapat diproses untuk keperluan lainnya atau dianalisis untuk proses lebih lanjut. Banyak metode yang dapat digunakan untuk proses segmentasi, seperti menggunakan *threshold*, *gradient* ataupun *laplacian*. Secara umum proses segmentasi dapat dilakukan berdasarkan: a). klasifikasi, b). deteksi tepi, atau c). daerah/*region*.

Algoritma segmentasi yang dibangun untuk mendeteksi hutan mangrove didasarkan pada 4 citra hasil pengurangan antar-kanal, yaitu: a) citra hasil pengurangan antara kanal 1 dengan kanal 3 (B13), b) citra hasil pengurangan antara kanal 2 dengan kanal 4 (B24), c) citra hasil pengurangan antara kanal 1 dengan kanal 2 (B12), dan citra hasil pengurangan antara kanal 3 dengan kanal 4 (B34). Kemudian dilakukan *thresholding* yang didasarkan pada persamaan (3). Hasilnya dibandingkan dengan data yang diperoleh dari Bappedalda DKI Jakarta (2000). Hasil perbandingan menunjukkan bahwa metode yang telah dibangun mempunyai akurasi/ketelitian 95,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, M. 1981. *Detection d'automatic de la Voirie dans d'une Zone Urbain Utilise Donne de Satellite SPOT*. These Doctorat. ENSPS ULP. Strasbourg. Perancis.
- Arief, M. 2010. *Aplikasi Metode Threshold Guna Mendeteksi Hutan Mangrove dengan Menggunakan Data Landsat MSS dan ETM* dalam Arief, M., Asriningrum, W., dan Suwargana, N. 2010. *Analisis Mangrove Menggunakan Citra Satelit*. Penerbit Marsma Sikumbang. ISBN 978-602-8564-21-2.
- Bappedalda DKI Jakarta. 2000. *Laporan Draft Final Koordinasi Evaluasi Kawasan Mangrove Cagar Alam dan Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu DKI Jakarta*.
- Gonzalez, R.C. dan Woods, R.E. 2002. *Digital Image Processing Second Edition*. Prentice Hall. New Jersey.
- Horning, N. 2004. *Global Land and Vegetation: An Electronic Textbook*. NASA Space Goddard Space Fligth Center Earth Sciences Directorate Scientific and Educational Endeavors (SEE). http://www.ccpo.odu.edu/SEES/veget/vg_class.htm.
- Jensen, J.R. 2000. *Remote Sensing of Environmental Earth Resources Perspective*. Prince Hall. New-Jersey.
- Ji, L. dan Peter, A.J. 2007. *Performance Evaluasi of Spectral Vegetation Indicest Using Statistical Sensitivity Fuction*. *Remote Sensing of Environmental* (106) p. 59- 65.
- Karimi, H.A., Dai, X., Khoram, S., Khattak, A. J., and Hummer, J. E. 1999. *Techniques for Automatic Extraction of Roadway Inventory Features from High-Resolution Satellite Imagery*. *Geocarto International*, 14 (2) p. 5-16.
- Lillesand, T.M. dan Kiefer, R.W. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Lobo, A. 1997. *Image Segmentation and Discriminant Analysis for the Identification of Land Cover Units in Ecology*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35 (5) p. 1136-1145.
- Lobo, A., Chic, O., dan Casterad, A. 1996. *Classification of Mediterranean Crops with Multisensor Data: Per-pixel versus Per-object Statistics and Image Segmentation*. *International Journal of Remote Sensing*, 17 (12) p. 2.385-2.400.
- Mather, P. 1999. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images, Second Edition*. John Wiley. Chichester, UK.
- McLachlan, G.J. dan Basford, K.E. 1988. *Mixture Models: Inference and Applications to Clustering*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Murinto dan Harjoko, A. 2009. *Segmentasi Citra Menggunakan Watershed dan Intensitas Filtering Sebagai Preprocessing*. *Seminar Nasional Informatika 2009*. UPN "Veteran" Yogyakarta. 23 Mei 2009.
- Nowak, D.J., Mc Hale, Ibara, M., Crane, D., Stevans, J.C., dan Luley, C.J. 1998. *Modeling the Effect of Urban Vegetation on Air Pollution*. *Air Pollution Modeling and its Application* (12) p. 399-407.
- Ryherd, S. dan Woodcock, C. 1996. *Combining Spectral and Texture Data in the Segmentation of Remotely Sensed Images*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62 (2) p.181-194.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh, jilid 1*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wirawan, B.A. dan Maulia, N. 2008. *Segmentasi Warna vs Segmentasi Tekstur Alternatif Ekstraksi Informasi Obyek pada Citra Resolusi Tinggi*. *Prosiding PIT MAPIN*. Bandung.
- Yunhao, C., Peijun, S., Xiaobing, L. dan Jing, L. 2006. *A Combined for Estimating Vegetation Cover in Urban/Suburban Environments from Remote Sensed Data*. *Computer & Geosciences* (32) p. 1299-1309.

Zhang, Y. 2000. A Method for Continous Extraction of Multispectrally Classified Urban Rivers. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66 (8) p. 991-999.